

Пугачева Н.Б.
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт машиноведения Уральского отделения
Российской академии наук,
г. Екатеринбург
e-mail: nat@imach.uran.ru

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ЛАЗЕРНЫХ СВАРНЫХ ШВОВ*

Традиционно исследование дефектов материала сварных швов проводят в соответствии с требованиями стандарта ИСО 6520-82, устанавливающего классификацию, определения и условные обозначения дефектов в швах, зонах термического влияния и основного металла при сварке металлов плавлением, в том числе и с помощью лазера. Особенности лазерной сварки – быстрые скорости нагрева и охлаждения, узкие сварные швы и зоны термического влияния, интенсивное конвективное перемешивание расплава в зоне сварочной ванны – требуют применения более тонких методов исследования. Из металловедения сварки известно, что материал сварного шва имеет первичную микроструктуру, образующуюся непосредственно в процессе кристаллизации расплава в сварочной ванне, и вторичную, которая формируется в результате фазовых превращений в твердом состоянии при охлаждении. Первичная микроструктура включает в себя оценку параметров дендритного строения: длина осей первого порядка, расстояние между осями второго порядка, позволяющие оценить скорость кристаллизации, однако при лазерной сварке дендритное строение удастся выявить только на легкоплавких легированных сплавах, как например на алюминиевом сплаве 01420Т (рис. 1).

* Работа выполнена при поддержке совместного проекта Президиума УрО РАН № 12-С-1-1026 с ИТПМ СО РАН (г. Новосибирск).

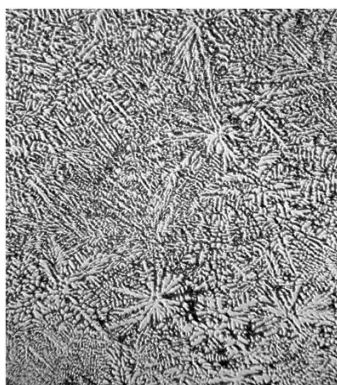


Рис. 1. Дендритное строение лазерного сварного шва на алюминиевом сплаве 01420Т, х 500

Для большинства конструкционных сталей или сплавов выявить дендритную структуру просто не удастся из-за высокой однородности расплава в сварочной ванне и больших скоростей кристаллизации, обуславливающих кристаллизацию только осей дендритов первого порядка в виде дисперсных игл. В некоторых случаях информацию о размерных параметрах литой структуры можно получить в результате исследований поверхности разрушения образцов после испытаний механических свойств на растровых электронных микроскопах с разрешающей способностью от 50 до 200 А, как правило, оснащенных микрорентгеноспектральными анализаторами. Примером такого прибора является сканирующий электронный микроскоп TESCAN VEGA II XMU, оборудованный персональным компьютером и программным обеспечением VEGA TC, с помощью которого производится управление микроскопом, обработка и хранение изображений. Микроскоп оснащен системой рентгеновского волнодисперсионного (ВДС) микроанализа INCA WAVE 700 и энергодисперсионного (ЭДС) микроанализа INCA ENERGY 450 с ADD детектором, управление и настройка которых проводится программным обеспечением INCA. Особенно эффективно использование растровой электронной микроскопии для исследований микропористости сварных швов.

Для определения микротвердости зон сварных соединений или даже отдельных фаз, входящих в состав материала сварных швов и зон термического влияния, оптимальным представляется использование нанотвердомеров или наноинденторов, таких как измерительная система WINHCU FISCHERSCOPE HM 2000 XYm (рис. 2). Наиболее существенным преимуществом этой системы является множественность измеряемых показателей: по итогам одной процедуры измерений оператор получает информацию о твердости, кривую нагружения и разгрузки, а также об упругости, пластичности и ползучести материала.



Рис. 2. Внешний вид измерительной системы
WIN-HCU FISCHERSCOPE HM 2000 XYm
с изображением области измерения

Полученные по результатам микроиндентирования упругопластические свойства могут быть основой для компьютерного моделирования поведения сварного соединения в различных условиях эксплуатации.